REGISTROS DE CONGELAMIENTO EN ESPECIES LEÑOSAS ARGENTINAS

RICARDO VILLALBA y FIDEL A. ROIG J.

Laboratorio de Dendrocronología. Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Mendoza.

ABSTRACT. Frost rings from Argentina wood species are indicated. The anatomical structures have been studied using optical, scanning and photometric methods. Differences between conifers and broadleaved frost-rings structures are established. Finally, the employment of frost rings in dendrochronology is discussed.

RESUMEN. Se da a conocer la presencia de anillos con evidencias criogénicas en especies leñosas nativas. Las estructuras anatómicas que caracterizan estas señales, han sido estudiadas empleando técnicas de microscopía óptica, de barrido y fotométricas. Para las coníferas y latifoliadas analizadas, se establecen las diferencias en la estructura de los registros criogénicos. Por último, se mencionan las aplicaciones potenciales de estas estructuras en estudios dendrocronológicos.

INTRODUCCION

La acción de un frío suficientemente intenso y prolongado, luego de la iniciación del ciclo anual de crecimiento, produce alteraciones en el tejido cambial, dando origen en el leño secundario, a la formación de anillos con señales particulares, llamados anillos con registros de congelamiento o anillos con evidencias criogénicas.

Los anillos con señales de congelamiento consisten en una primera capa de células muertas por efecto del frío y una segunda capa de células xilemáticas anormales (células colapsadas, parenquimáticas traumáticas y radiales ensanchadas) producidas después del brusco enfriamiento.

Se ha observado que las señales de congelamiento difieren en estructura dependiendo de la intensidad de la helada, el estado cambial en el momento del enfriamiento y las especies consideradas (Glerum and Farrar, 1966).

Las células cambiales y los elementos del xilema en diferenciación son muertos por una combinación de deshidratación y presión, debido a la formación de hielo en los tejidos situados externamente. La formación de cristales de hielo ocurre en los espacios intercelulares, a menos que la velocidad de congelamiento sea extremadamente rápida.

Las células más susceptibles al frío son generalmente aquellas que se encuentran en mayor crecimiento activo. En coníferas, Glerum and Farrar (1966) sostienen que las traqueidas en proceso de diferenciación son más susceptibles al congelamiento que las células madres del xilema, las que a su vez resultan más sensibles al frío que las cambiales iniciales.

Anillos con registros de congelamiento han sido observados en coníferas y latifoliadas nativas argentinas. En la presente contribución, las estructuras anatómicas que caracterizan los anillos con evidencias de congelamiento son analizadas. Se menciona además, la aplicación dendrocronológica de los anillos con registros criogénicos.

Materiales y métodos

El material leñoso examinado ha sido seleccionado a partir de muestras de barreno o secciones transversales del fuste de los árboles, obtenidas en numerosos viajes realizados a la región cordillerana central y patagónica argentina.

El material de ten (Pilgerodendron uviferum Don. Florin) y ciprés (Austrocedrus chilensis Don. Flor. et Boutl.) fue recolectado en un bosque relicto integrado fundamentalmente por ten y alerce (Fitzroya cupressoides Mol. Johnst.) a 880m. de altura, al pie del Cordón Serrucho Norte, en las proximidades de El Bolsón, Río Negro (Villalba et al, 1983). Allí se obtuvieron numerosas muestras de barreno de los árboles vivos y secciones de madera a partir de árboles muertos en pie.

El leño de alerce con señales de congelamiento proviene de árboles creciendo a 810m. de altura, en el valle superior del Río Frías, Parque Nacional Nahuel-Huapi, provincia de Río Negro.

Por su parte, el material de lenga (Nothofagus pumilio Poepp. et Endl. Krasser) examinado, fue coleccionado por S. M. Rivera, a 1.200m. de altura, en las laderas del Cerro Chapelco, San Martín de los Andes, Neuquén. Finalmente, el material de Adesmia horrida Hook. et Arn., con señales de congelamiento fue recolectado en el Alto de los Manantiales, Uspallata, Mendoza a 3.800m. de altura.

Las señales de congelamiento fueron observadas tanto al microscopio óptico como al microscopio electrónico de barrido (MEB). Los preparados para observación óptica fueron cortados entre 10 y 30 μ de espesor con un micrótomo de carro movil y teñidos con safranina-fastgreen en solución alcohólica.

Para observación al microscopio de barrido, los especímenes fueron hervidos en agua, cortados en secciones de aproximadamente 7mm. x 7mm. x 2mm. y secados al aire. Posteriormente, fueron montados en stubs, metalizados en alto vacío con oro y observados a 20 Kw con Microscopio Electrónico de Barrido Siemens Autoscan JSM-U3.

Con el objeto de evaluar las distintas intensidades de congelamiento, los cortes delgados preparados para observación óptica fueron leídos con un microdensitómetro Joyce-Loebl MK III, obteniéndose un registro contínuo de la luz transmitida a través del preparado. Los registros fotométricos se obtuvieron empleando un objetivo de 10 x . El tamaño de la ventana de lectura fue fijado en 0.12 x 3.2mm. para las coníferas y en 0.30 x 6.4mm. para las latifoliadas.

La terminología empleada en las descripciones anatómicas responde al Glosario Multilingue de Términos Usados en Anatomía de Maderas (IAWA, Committe on Nomenclature, 1964). En lo referente a señales de congelamiento se

adoptó la terminología propuesta por Glerum y Farrar (1966).

Resultados

Las estructuras anatómicas que caracterizan las señales de congelamiento, si bien poseen un arreglo particular que permite reconocerlas, varían principalmente en relación a la intensidad del congelamiento sufrido. Así, en las señales más intensas observadas en ten es posible reconocer, en la dirección radial, en primer lugar la presencia de traqueidas deformadas con pared celular no engrosada, mezcladas o seguidas de traqueidas rellenadas con sustancias obscuras, las cuales han sido denominadas células colapsadas por Glerum y Farrar (1966). A continuación se encuentran células parenquimáticas traumáticas anchas y con contenidos celulares y finalmente traqueidas anormales, deformadas, no dispuestas ordenadamente, pero con paredes celulares engrosadas. Esta secuencia completa de diferentes tipos de células traumáticas es difícil de encontrar en señales de congelamiento de menor intensidad.

En las señales criogénicas del ten, los radios uniseriados, observadas en corte transversal, normalmente no aumentan el número de células, sino el volumen de éstas al doble o más (fig. 1a). A partir de la señal de helada, los radios en su mayoría sufren un desplazamiento lateral, generalmente en una misma dirección. En el corte longitudinal tangencial se observa un desorden tisular, donde ningún elemento leñoso mantiene la ordenación normal (fig. 1c). El alto de los radios, en relación al leño normal, presenta una mayor frecuencia, tanto de radios muy cortos como de radios muy largos. Además, aparecen elementos traqueales imperforados con espesamientos helicoidales (macrofibrillas agregadas a la capa interior de la pared secundaria), las cuales denuncian la presencia de leño de compresión.

En alerce, al igual que en las coníferas anteriormente estudiadas, los anillos con señales criogénicas presentan, en sección transversal, una notable alteración en el ordenamiento de las células del plan leñoso (fig. 3a). Así, en las señales criogénicas más intensas se encuentran células parenquimáticas traumáticas y traqueidas anormales. A su vez, los radios uniseriados se transforman normalmente en biseriados, más raramente en triseriados. De igual manera que en ten y ciprés los radios leñosos sufren un desplazamiento en relación a su posición anterior al congelamiento. El volumen de las células radiales también se ve incrementado. En sección longitudinal tangencial se observa el desorden tisular que caracteriza a las señales de congelamiento (fig. 3c). En la zona de células xilemáticas anormales se detectaron elementos traqueales imperforados con espesamientos helicoidales (fig. 3d).

En lenga, las bajas temperaturas actúan alterando fundamentalmente el tejido parenquimático radial (fig. 4a). Es manifiesta la proliferación y aumento del tamaño de las células parenquimáticas radiales, llegando a producir la deformación transversal de los elementos vasales, no así su disposición axial (fig. 4b). Las células parenquimáticas radiales aumentan 2-3 veces su tamaño normal y las series radiales uniseriadas del leño regular aparecen aquí como bi, tri o pluriseriadas. Esta característica es bien manifiesta en corte longitudinal tangencial. En la misma orientación se nota que los radios, en la zona afectada, son heterocelulares en contraposición con los radios homocelulares típicos de esta especie (Tortorelli, 1956; Rivera, 1983).

Las señales criogénicas, difieren de las estructuras originadas por la acción de insectos (mácula medular), comunes en el género Nothofagus, las cuales se caracterizan por una proliferación de células parenquimáticas traumáticas en sectores localizados del leño (Rivera, 1983). Además los registros criogénicos se caracterizan por estar presentes a lo largo de toda la extensión del anillo de crecimiento.

En la señal de helada de Adesmia horrida se observa un incremento de la cantidad de lignina en las paredes de los vasos (rojo intenso a la safranina) lo cual puede asociarse a una de las características del leño de tensión (Esau, 1972). Las células radiales aumentan normalmente su tamaño al doble y pueden aumentar en una o más series en la parte afectada (fig. 4c). En ocasiones se forman agrupaciones semejantes a racimos (vistos en sección transversal).

El uso de anillos con señales de congelamiento en dendrocronología

Los anillos con señales de congelamiento son de gran interés en dendrocronología ya que constituyen una forma de fechado independiente en el estudio de las variaciones del ancho de los anillos de crecimiento. En general, los anillos con señales de congelamiento han sido observados más frecuentemente en los primeros años de vida de los árboles. Esto quizás se deba a una menor lignificación de los tejidos y al delgado espesor de la corteza, lo cual crea una mayor suceptibilidad al congelamiento. Con el crecimiento del árbol, la parte menos lignificada se traslada en altura, y con ella la zona más sensible al frío. Así, un registro continuo de las heladas podría obtenerse barrenando el árbol desde la base hasta las proximidades del ápice, o bien obteniendo una secuencia completa de muestras desde ejemplares jóvenes hasta adultos.

Notables ejemplos del uso de los anillos con marcas de congelamiento como herramienta para el fechado de anillos de árboles pueden encontrarse en los trabajos de Bailey (1925), Glock y Reed (1948), LaMarche (1970), LaMarche y Fritts (1971).

Bailey (1925), empleando anillos con señales de congelamiento pudo demostrar la ausencia de anillos de crecimiento en años coincidentes con severos ataques de insectos. En Lubbock, Texas, Glock y Reed (1940), relacionado fuertes descensos de temperatura, cuyas fechas de ocurrencia eran perfectamente conocidas, pudieron establecer la formación de falsos anillos de crecimiento en diferentes especies arbóreas.

Otro uso importante de los anillos con registros de congelamiento ha sido para verificar el desarrollo de cronologías obtenidas en forma independiente, LaMarche (1970), encontró en cronologías derivadas a partir de bristlecone pine (Pinus longeava D. K. Bailey) en White Mountains, California y Snake Range, Nevada, lugares distantes unos 400 kilómetros, que los árboles en ambos sitios mostraban señales de congelamiento en los años 1453 y 1884. Asimismo LaMarche y Fritts (1971), trabajando con Pinus cembra L., en dos localidades de los Alpes Suizos distantes 265 kilómetros, observaron la coincidencia en los años 1835, 1841 y 1847 de anillos con registros criogénicos. En estos casos, los anillos de congelamiento proveen una importante verificación del fechado en cada sitio.

Finalmente, los anillos con evidencias criogénicas han sido empleados como registros de las principales erupciones volcánicas ocurridas en las últimas centurias. LaMarche y Hirschboeck (1984), sostienen que la presencia de anillos con señales de congelamiento en bristlecone pine en el oeste de Estados Unidos están estrechamente relacionadas a los efectos que sobre el clima tienen las explosiones volcánicas de gran magnitud.

CONCLUSIONES

En las coníferas estudiadas, las estructuras anatómicas anormales producidas por bruscos descensos de temperatura varían principalmente en relación a la intensidad del proceso criogénico. Si bien es posible reconocer algunas diferencias interespecíficas, las estructuras varían notablemente dentro de una misma especie en respuesta a la duración e intensidad del congelamiento. El conjunto de estas células (colapsadas, no engrosadas, parenquimáticas traumáticas y anormales) sólo fueron observadas en aquellos registros de mayor intensidad.

En general, las señales de congelamiento en las coníferas se caracterizan por la presencia de células parenquimáticas traumáticas, traqueidas anormales y células con espesamientos helicoidales (leño de compresión). En todos los casos los radios leñosos sufren un desplazamiento en una misma dirección y un aumento apreciable en el tamaño de sus células.

En latifoliadas, la acción de fríos intensos altera fundamentalmente la estructura del tejido radial. Aquí es observable el aumento del tamaño y número de las células radiales, como asimismo el cambio de dirección de los radios a semejanza con las coníferas. El leño de tensión también está presente en las zonas afectadas.

Finalmente es importante destacar el uso potencial de las señales criogénicas en estudios dendrocronológicos, al proveer información adicional en relación a la calidad del fechado, la datación de erupciones volcánicas y suministrar un registro cronológico de fuertes descensos de la temperatura para un sitio determinado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los servicios de Microscopía Electrónica del Instituto de Histología y Embriología de la Universidad Nacional de Cuyo.

REFERENCIAS

BAILEY IW (1925). *The "spruce budworm" biocenose. I.* Frost rings as indicators of the chronology of specific biological events. Bot. Gaz. 80: 93-101.

ESAU, K (1972). *Anatomía vegetal.* Ed. Omega, Barcelona.

GLERUM, C and FARRAR, J (1966). *Frost ring formation in the stems of some coniferous species.* Can. J. Bot. 44: 879-886.

GLOCK, WS and REED, EL (1948). *Multiple growth layers in the annual increments of certain trees at-Lubbock, Texas.* Science, 91: 98-99.

LaMARCHE, VC (1970). *Frost-damage rings in subalpine conifers and their application to tree-ring dating problems.* In: Tree-ring analysis with special reference to Northwest America. Ed. by J. H. Smith and J. Worrall. Vancouver, Canada.

LaMARCHE, VC an FRITTS, HC (1971). *Tree rings, glacial advances, and climate in the Alps.* Zeitschrift fur Gletscherkinde und Glazialgeologie, Bd. VII, Heft 1-2: 125-131.

LaMARCHE, VC and HIRSCHBOECK, KK (1984). *Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions.* Nature, 307: 121-126.

IAWA, (1964). *(Committee on Nomenclature). Multilingual glossary of terms used in wood anatomy.* Verlagsanstalt Buchdruckerei Konkordia Winterthur.

RIVERA, SM (1983). *Informe de actividades al CONICET.* IANIGLA, Mendoza.

TORTORELLI, L (1956). *Maderas y Bosques Argentinos.* Ed. ACME, Buenos Aires.

VILLALBA, R; BONINSEGNA, J; COBOS, D y RIVERA, SM (1982). *Estudio preliminar de un relicto de Pilgerodendron uviferum y Fitzroya cupressoides, en Cordón Serrucho Norte, El Bolsón, Río Negro.* X Reunión Argentina de Ecología, Mar del Plata.

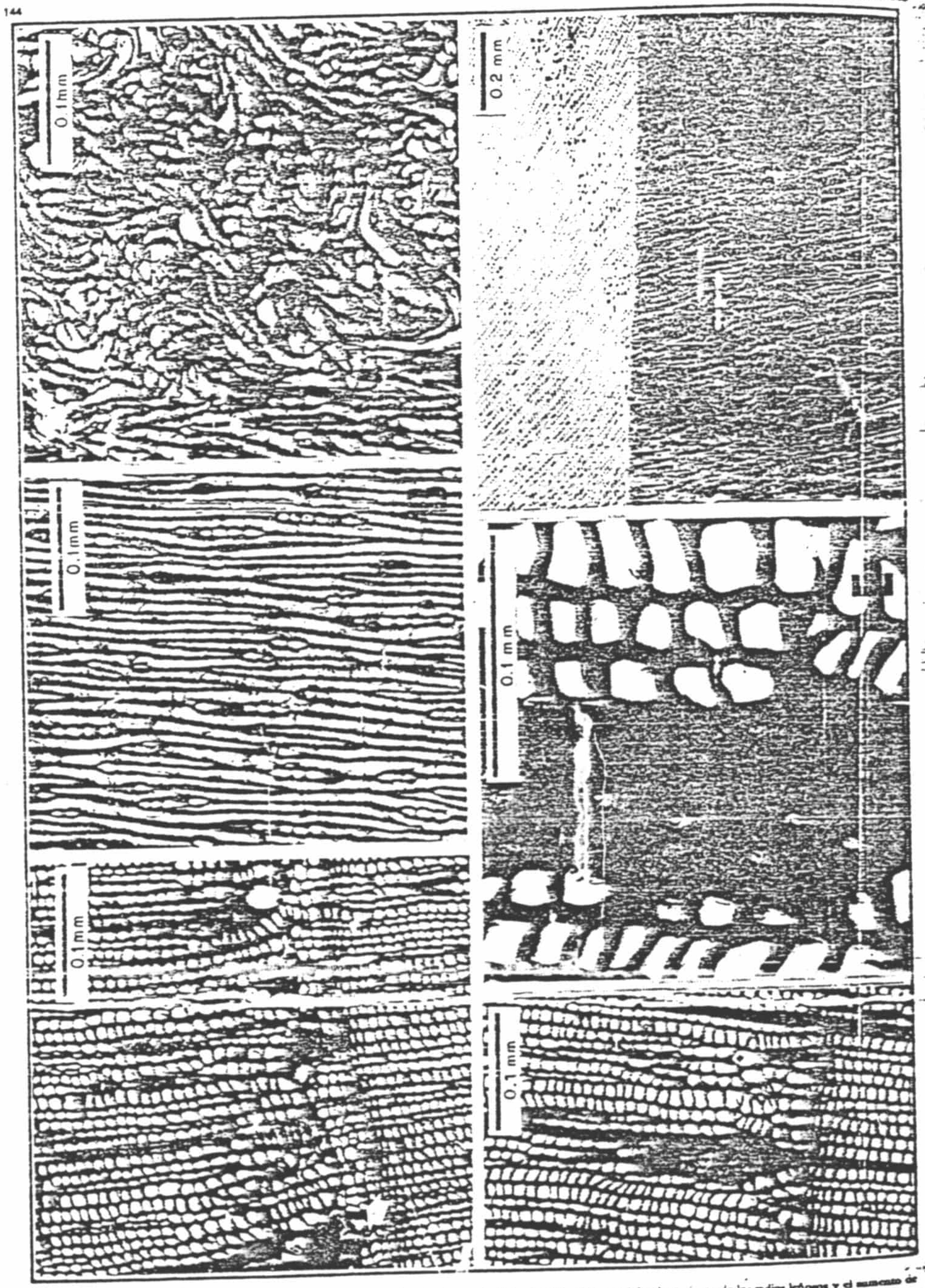

Fig. 1: Señales de congelamiento en ten (Pilgerodendron uviferum) A. Registro criogénico donde se observa el desplazamiento de los radios leñosos y el aumento de tamaño de las células radiales. La flecha señala la presencia de traqueidas no engrosadas en corte transversal. B. Leño normal en orientación longitudinal tangencial. C. Alteración tisular correspondiente al registro de congelamiento, observada en corte longitudinal tangencial. D. elemento traqueal imperforado orientado perpendicularmente al eje axial. E. Detalle de D. F. Combinación de las vistas transversal y tangencial del leño donde se observan las alteraciones estructurales correspondientes a la señal de congelamiento.

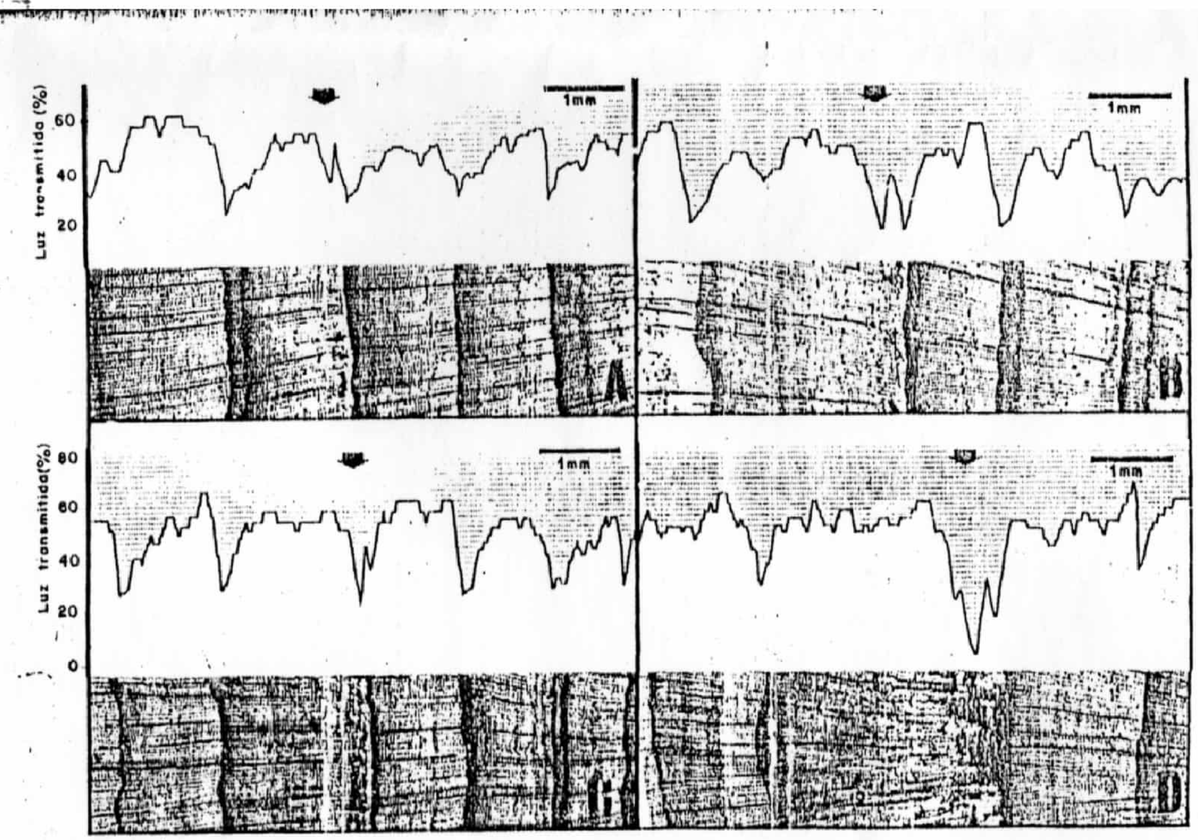

Fig. 2: Señales de congelamiento en ten (Pilgerodendron uviferum) evaluadas fotométricamente. Lecturas contínuas de registros criogénicos de intensidades crecientes, de A hasta D, han sido realizadas para comparar su magnitud en relación a anillos normales de crecimiento. En señales muy débiles como en A (flecha), la cantidad de luz transmitida por la señal de congelamiento resulta mayor en relación a la cantidad transmitida por el leño tardío de los anillos de crecimiento. En señales criogénicas más intensas tales como B, C y D (flechas), la cantidad de luz transmitida disminuye conforme al grado de la señal analizada.

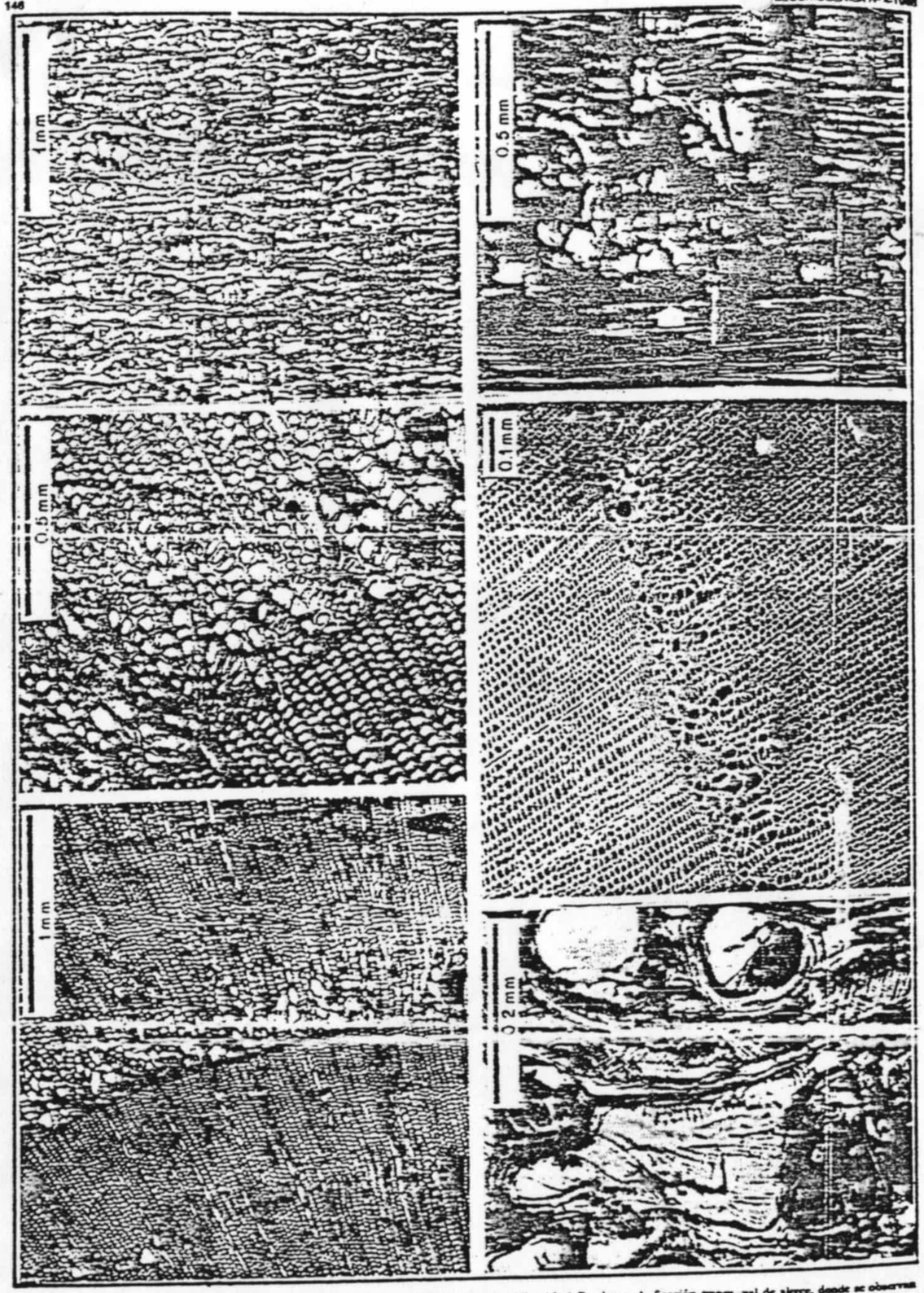

Fig. 3: Registros criogénicos en alerce (Fitzroya cupressoides) y ciprés (Austrocedrus chilensis). A-D: alerce. A. Sección transversal de alerce, donde se observan dos grados de alteración correspondientes a intensidades distintas de congelamiento (flechas). En B, una ampliación de la señal de mayor intensidad de A, muestra el desplazamiento y aumento del tamaño de las células radiales, así como la presencia de traqueidas anormales. C. Señal de congelamiento en sección longitudinal tangencial. D. Leño de compresión caracterizado por engrosamientos helicoidales de la pared secundaria en células traqueales superiores (flecha). E-F: ciprés. E. Vista al microscopio electrónico de la sección transversal con una señal de congelamiento al comienzo del ciclo vegetativo. F. Sección longitudinal radial donde puede visualizarse el límite definido (flecha) entre el leño tardío y el registro criogénico coincidente con el inicio del nuevo anillo.

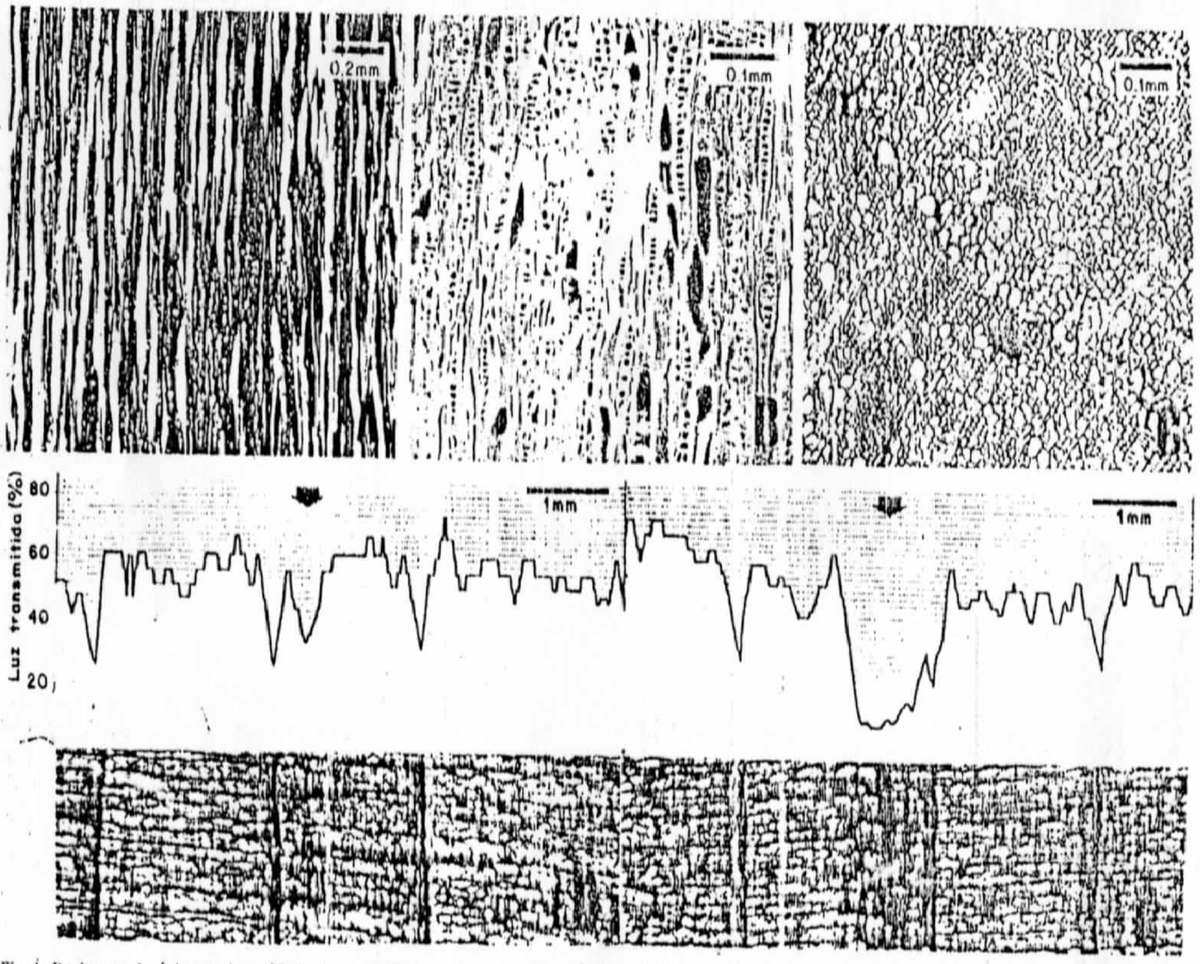

Fig. 4: Registros criogénicos en lenga (Nothofagus pumilio) y Adesmia horrida. A-B: lenga. A. Comparación entre leño normal (izquierda) y leño afectado (derecha) en corte longitudinal tangencial. B. En la zona de alteración los elementos basales no han sufrido modificaciones profundas en su disposición axial. C. Sección transversal con señal de congelamiento en Adesmia horrida (flecha). D-E. Análisis fotométrico de señales de congelamiento de distinto grado en lenga. Los registros criogénicos están señalados con flecha. La cantidad de luz transmitida, al igual que en ten, disminuye con el aumento de la intensidad del congelamiento.

REGISTRO DE CONGELAMIENTO...R. JAY F. A. ROIG

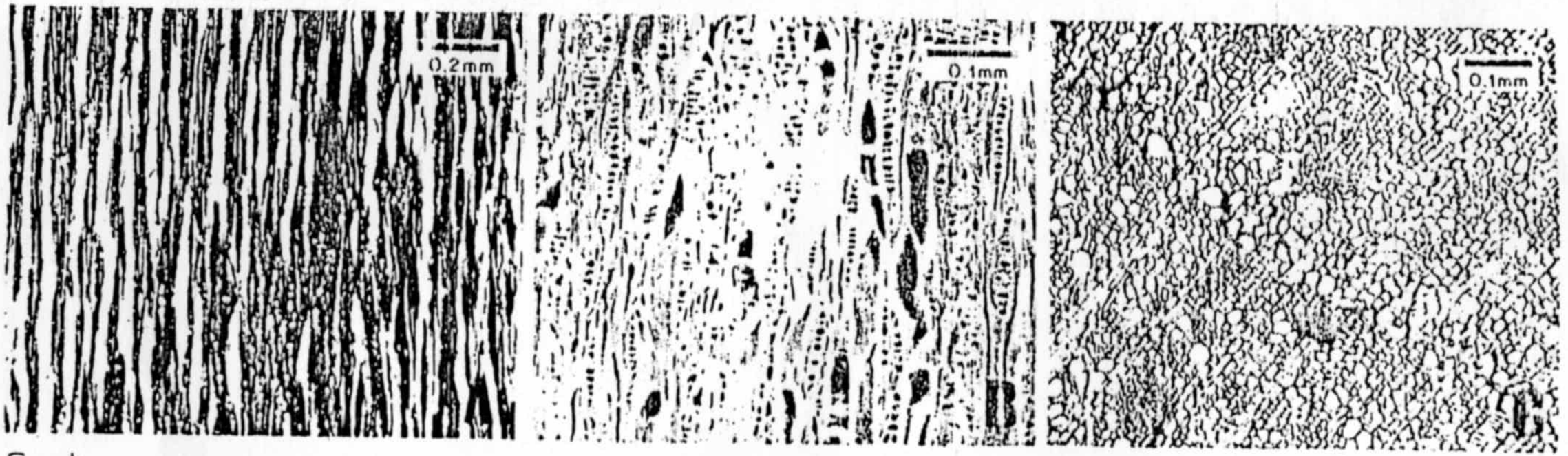

Fig. 4: Registros criogénicos en lenga (Nothofagus pumilio) y Adesmia horrida. A-B: lenga. A. Comparación entre leño normal (izquierda) y leño afectado (derecha) en corte longitudinal tangencial. B. En la zona de alteración los elementos basales no han sufrido modificaciones profundas en su disposición axial. C. Sección transversal con señal de congelamiento en Adesmia horrida (flecha). D-E. Análisis fotométrico de señales de congelamiento de distinto grado en lenga. Los registros criogénicos están señalados con flecha. La cantidad de luz transmitida, al igual que en ten, disminuye con el aumento de la intensidad del congelamiento.